

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

P/1071-1254

11033 U.S. PRO
09/815879
03/22/01

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

5/ Priority
Doc.
E. Willis
8-22-01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日

Date of Application: 2000年 3月 22日

出願番号

Application Number: 特願 2000-080556

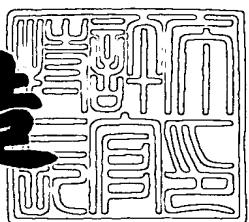
出願人

Applicant(s): 株式会社村田製作所

2000年 9月 22日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特 2000-3077907

【書類名】 特許願
【整理番号】 JP-2002814
【提出日】 平成12年 3月22日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G01F 17/00
G01R 31/28

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田
製作所内

【氏名】 堂下 和幸

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田
製作所内

【氏名】 河合 伸彦

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田
製作所内

【氏名】 岡田 勉

【特許出願人】

【識別番号】 000006231

【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】

【識別番号】 100079577

【弁理士】

【氏名又は名称】 岡田 全啓

【電話番号】 06-6252-6888

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012634

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004879

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 デジタル回路のノイズ解析方法およびノイズ解析装置および記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタルIC、受動回路および伝送線路で構成されたデジタル回路のノイズ解析方法であって、

前記デジタルICを受動素子で構成された等価回路に変換したときの回路定数、前記受動回路の回路定数および前記伝送線路の回路定数から前記デジタル回路の伝達関数を得るステップ、

前記デジタル回路への入力信号をフーリエ展開によって正弦波の級数に展開するステップ、

前記デジタル回路の伝達関数とフーリエ展開された前記入力信号とから前記デジタル回路の周波数軸における出力波形を計算するステップ、および

前記周波数軸における出力波形を逆フーリエ変換によって時間軸における出力波形に変換するステップを含む、デジタル回路のノイズ解析方法。

【請求項2】 デジタルIC、受動回路および伝送線路で構成されたデジタル回路のノイズ解析装置であって、

前記デジタルICを受動素子で構成された等価回路に変換した回路定数を入力するための第1の入力手段、

前記受動回路の回路定数を入力するための第2の入力手段、

前記伝送線路の回路定数を入力するための第3の入力手段、

前記デジタルICを受動素子で構成された等価回路に変換したときの回路定数、前記受動回路の回路定数および前記伝送線路の回路定数から前記デジタル回路の伝達関数を得る第1の演算手段、

前記デジタル回路への入力信号をフーリエ展開によって正弦波の級数に展開する第2の演算手段、

前記デジタル回路の伝達関数とフーリエ展開された前記入力信号とから前記デジタル回路の周波数軸における出力波形を計算する第3の演算手段、および

前記周波数軸における出力波形を逆フーリエ変換によって時間軸における出力

波形に変換する第4の演算手段を含む、デジタル回路のノイズ解析装置。

【請求項3】 複数の前記デジタルICの等価回路に関する回路定数が記憶される記憶手段を含み、前記デジタルICを選択することにより前記第1の演算手段で用いられる前記デジタルICの回路定数が前記記憶手段から読み出されて入力される、請求項2に記載のデジタル回路のノイズ解析装置。

【請求項4】 配線基板に形成されたパターンの線路幅、線路長、基板厚みおよび基板材料から前記伝送線路の回路定数を計算するための計算手段を含み、得られた回路定数が前記第1の演算手段で用いられる前記伝送線路の回路定数として入力される、請求項2または請求項3に記載のデジタル回路のノイズ解析装置。

【請求項5】 複数の前記受動回路の回路定数を記憶するための記憶手段を含み、前記受動回路を選択することにより前記第1の演算手段で用いられる前記受動回路の回路定数が前記記憶手段から読み出されて入力される、請求項2ないし請求項4のいずれかに記載のデジタル回路の解析装置。

【請求項6】 前記受動回路を選択するときに、前記受動回路の特性を表示するディスプレイを含む、請求項5に記載のデジタル回路のノイズ解析装置。

【請求項7】 前記第3の演算手段によって得られた周波数軸における出力波形と前記第4の演算手段によって得られた時間軸における出力波形とが前記ディスプレイに表示される、請求項2ないし請求項6のいずれかに記載のデジタル回路のノイズ解析装置。

【請求項8】 さらに、インピーダンス周波数特性が前記ディスプレイに表示される、請求項7に記載のデジタル回路のノイズ解析装置。

【請求項9】 異なる前記伝達関数により演算を行った結果が前記ディスプレイに同時に表示される、請求項7または請求項8に記載のデジタル回路の解析装置。

【請求項10】 前記デジタル回路の伝達関数に関する入力情報と解析結果とを同時に印刷するための印刷手段を含む、請求項2ないし請求項9のいずれかに記載のデジタル回路の解析装置。

【請求項11】 デジタルIC、受動回路および伝送線路で構成されたデジ

タル回路のノイズ解析方法であって、

前記デジタルICを受動素子で構成された等価回路に変換したときの回路定数、前記受動回路の回路定数および前記伝送線路の回路定数から前記デジタル回路の伝達関数を得るステップ、

前記デジタル回路への入力信号をフーリエ展開によって正弦波の級数に展開するステップ、

前記デジタル回路の伝達関数とフーリエ展開された前記入力信号とから前記デジタル回路の周波数軸における出力波形を計算するステップ、および

前記周波数軸における出力波形を逆フーリエ変換によって時間軸における出力波形に変換するステップを含むプログラムを記録した、記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明はデジタル回路のノイズ解析方法およびノイズ解析装置および記録媒体に関し、特にたとえば、デジタルICを用いた回路に発生するノイズを解析してノイズ除去に役立てるために用いられる、デジタル回路のノイズ解析方法およびノイズ解析装置および記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】

デジタルICを用いたデジタル回路において発生するノイズが、他の電子機器に影響を与えることがあり、このようなノイズを除去するためにフィルタなどが用いられている。ところで、これらの機器においては、使用されるデジタルICが異なったり、用いられる回路基板が異なったりすると、そこにどのようなフィルタを適用すればよいかを選択決定することが困難となっていた。そこで、このようなデジタル回路のノイズを解析し、用いられるノイズフィルタの選択を容易にする方法として、入力信号を時間軸で分割して、分割した時間ステップごとの信号についてデジタル回路の出力信号を計算する方法が案出されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

従来のような時間ステップごとに計算する方法では、正確に解析を行うことができるが、定常状態に到達するまでに多くの時間ステップで計算する必要があり、かつデジタルICに関する複雑で高度な計算が必要である。そのため、このような方法で解析を行うためには、高機能のコンピュータと高価なソフトウェアが必要であり、計算コストが高くなるという欠点がある。また、低機能のパーソナルコンピュータなどを用いた場合、計算に時間がかかるという欠点がある。

【0004】

それゆえに、この発明の主たる目的は、低機能のパーソナルコンピュータを用いて、安価なソフトウェアにより、短時間で計算することができる、デジタル回路のノイズ解析方法を提供することである。

また、この発明の目的は、このようなソフトウェアを搭載して、手軽にノイズ解析を行うことができる、デジタル回路のノイズ解析装置を提供することである。

さらに、この発明の目的は、このようなソフトウェアを記録した記録媒体を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】

この発明は、デジタルIC、受動回路および伝送線路で構成されたデジタル回路のノイズ解析方法であって、デジタルICを受動素子で構成された等価回路に変換したときの回路定数、受動回路の回路定数および伝送線路の回路定数からデジタル回路の伝達関数を得るステップと、デジタル回路への入力信号をフーリエ展開によって正弦波の級数に展開するステップと、デジタル回路の伝達関数とフーリエ展開された入力信号とからデジタル回路の周波数軸における出力波形を計算するステップと、周波数軸における出力波形を逆フーリエ変換によって時間軸における出力波形に変換するステップとを含む、デジタル回路のノイズ解析方法である。

また、この発明は、デジタルIC、受動回路および伝送線路で構成されたデジタル回路のノイズ解析装置であって、デジタルICを受動素子で構成された等価回路に変換したときの回路定数を入力するための第1の入力手段と、受動回路の

回路定数を入力するための第2の入力手段と、伝送線路の回路定数を入力するための第3の入力手段と、デジタルICを受動素子で構成された等価回路に変換したときの回路定数、受動回路の回路定数および伝送線路の回路定数からデジタル回路の伝達関数を得る第1の演算手段と、デジタル回路への入力信号をフーリエ展開によって正弦波の級数に展開する第2の演算手段と、デジタル回路の伝達関数とフーリエ展開された入力信号とからデジタル回路の周波数軸における出力波形を計算する第3の演算手段と、周波数軸における出力波形を逆フーリエ変換によって時間軸における出力波形に変換する第4の演算手段を含む、デジタル回路のノイズ解析装置である。

このようなデジタル回路のノイズ解析装置において、複数のデジタルICの等価回路に関する回路定数が記憶される記憶手段を含み、デジタルICを選択することにより第1の演算手段で用いられるデジタルICの回路定数が記憶手段から読み出されて入力されるようにすることができる。

また、配線基板に形成されたパターンの線路幅、線路長、基板厚みおよび基板材料から伝送線路の回路定数を計算するための計算手段を含み、得られた回路定数が第1の演算手段で用いられる伝送線路の回路定数として入力されるようにしてもよい。

さらに、複数の受動回路の回路定数を記憶するための記憶手段を含み、受動回路を選択することにより第1の演算手段で用いられる受動回路の回路定数が記憶手段から読み出されて入力されるようにしてもよい。

そして、受動回路を選択するときに、この受動回路の特性を表示するディスプレイを含むことが好ましい。

このようなデジタル回路のノイズ解析装置において、第3の演算手段によって得られた周波数軸における出力波形と第4の演算手段によって得られた時間軸における出力波形とがディスプレイに表示されることが好ましい。

さらに、インピーダンス周波数特性がディスプレイに表示されるようにしてもよい。

そして、異なる伝達関数により演算を行った結果が表示手段に同時に表示されるようにしてもよい。

また、デジタル回路の伝達関数に関する入力情報と解析結果とを同時に印刷するための印刷手段を含むものであってもよい。

さらに、この発明は、デジタルIC、受動回路および伝送線路で構成されたデジタル回路のノイズ解析方法であって、デジタルICを受動素子で構成された等価回路に変換したときの回路定数、受動回路の回路定数および伝送線路の回路定数から前記デジタル回路の伝達関数を得るステップと、デジタル回路への入力信号をフーリエ展開によって正弦波の級数に展開するステップと、デジタル回路の伝達関数とフーリエ展開された入力信号とからデジタル回路の周波数軸における出力波形を計算するステップと、周波数軸における出力波形を逆フーリエ変換によって時間軸における出力波形に変換するステップを含むプログラムを記録した、記録媒体である。

【0006】

入力信号をフーリエ展開することにより、入力信号を正弦波の級数和として表すことができる。また、非線形素子であるデジタルICを受動素子で構成される等価回路に変換することにより、IC内部の複雑な非線形計算をすることなく、単純な線形計算で回路解析を行うことができる。つまり、デジタルICの等価回路の回路定数と他の受動素子および伝送線路の回路定数とから、デジタル回路の伝達関数を得ることができ、この伝達関数とフーリエ展開した入力信号とから、周波数軸における出力波形を得ることができる。したがって、周波数軸における出力波形を逆フーリエ変換することにより、時間軸における出力波形を得ることができる。

このような方法でノイズ解析を行うプログラムを用いたノイズ解析装置において、各回路定数を入力することにより、デジタル回路の伝達関数が求められる。そのため、入力信号に対する出力信号を具体的に計算することができ、どのような部品を用いれば、どのような出力信号が得られるかを知ることができる。したがって、デジタル回路にフィルタを入れた場合について解析を行えば、その出力波形から適当なフィルタを選択することができる。

このような解析装置において、複数のデジタルICに関する回路定数を記憶手段に記憶させておき、デジタルICを選択することにより、自動的に回路定数が

入力されるようにしておけば、個別に回路定数を入力する必要がなくなる。

また、デジタルICや受動回路を搭載する回路基板について、伝送線路の回路定数は線路幅、線路長、基板厚みおよび基板材料から求めることができるため、これらの情報から伝送線路の回路定数が入力されるようにしておけば、具体的にこれらの数値を入力することにより、回路定数を計算して入力する必要がなくなる。

さらに、複数の受動回路の回路定数を記憶させておき、受動回路を選択することにより、自動的に回路定数が入力されるようにしておけば、個別に受動回路の回路定数を入力する必要がなくなる。このような受動回路としてノイズ除去用のフィルタの回路定数を記憶させておくことにより、どのようなフィルタを用いれば、どのような出力信号が得られるかを知ることができる。

そして、受動回路を選択するとき、その受動回路の特性をディスプレイに表示させることにより、特性を確認しながら受動回路を選択することができる。

さらに、周波数軸における出力波形と時間軸における出力波形をディスプレイに表示することにより、解析結果を確認することができる。

また、異なる伝達関数で演算した結果を同時に表示することにより、出力波形を比較することが容易となる。

デジタル回路の伝達関数に関する入力情報と解析結果とを同時に印刷するための印刷手段を設けることにより、解析条件とその解析結果とを関連付けて確認することができる。

さらに、上述のようなステップを含むプログラムを記録した記録媒体からコンピュータにプログラムをインストールすることにより、そのコンピュータをデジタル回路の解析装置として使用することができる。

【0007】

この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の発明の実施の形態の詳細な説明から一層明らかとなろう。

【0008】

【発明の実施の形態】

図1は、この発明のノイズ解析装置のディスプレイに表示される初期画面を示

す図である。このノイズ解析装置は、パーソナルコンピュータにノイズ解析方法を動作させるプログラムをインストールしたものである。このプログラムを起動することにより、図1に示すような画面が表示される。画面の上部には、シミュレーション回路10を示す回路図が表示される。このノイズ解析装置は、デジタルICを用いたデジタル回路のノイズを解析するものであり、回路図には、入力信号、送信側IC、受動回路、伝送線路、受信側ICおよび測定ポイントが表示されている。ここで、受動回路としては、ノイズ除去用のフィルタを示している。また、伝送線路は、デジタルICを実装する配線基板を示している。

【0009】

また、画面の左側上方には、入力信号設定部12が表示される。この入力信号設定部12においては、入力信号のクロック周波数、デューティ比、立上り時間および立下り時間が設定される。これらの入力信号に関する情報は、キーボードなどの入力手段によって入力することができる。さらに、画面の左側下方には、送信側IC設定部14が表示される。この送信側IC設定部14においては、マウスなどの入力手段によってICリストから選択する方法と、キーボードなどの入力手段によってLCRで回路の数値を入力してICの出力条件を設定する方法とを選択することができる。

【0010】

送信側IC設定部14の設定を行うために、各種のデジタルICが受動素子で構成されるLCR回路に変換されている。つまり、予め、各種のデジタルICから換算したLCR回路のインダクタンス値、キャパシタンス値、抵抗値が求められて、メモリーやハードディスクなどの記憶手段に記憶されている。したがって、ICリストから使用するデジタルICを選択することにより、自動的にLCR回路のインダクタンス値、キャパシタンス値、抵抗値がメモリーから読み出されて入力される。なお、ICリストから選択する場合、IC分類の欄において、CMOS型またはTTL型のICが選択される。そして、たとえばIC分類において、CMOS型のICを選択した場合、その下のIC品名の欄に、CMOS型ICの品名が表示され、その中の1つを選択することができる。TTL型のICを選択した場合にも、同様にして、TTL型ICのリストの中から1つを選択する

ことができる。

【0011】

送信側IC設定部14において、LCRでICの出力条件を入力することを選択した場合、図2に示すように、デジタルICから変換したLCR回路が表示され、インダクタンス値、キャパシタンス値、抵抗値を個別に入力することができる。

【0012】

さらに、画面中央部には、受動回路であるフィルタを設定するためのフィルタ設定部16が表示される。フィルタ設定部16では、メモリーなどに記憶された複数のフィルタを示すリストから1つを選択することができる。この場合、図3に示すように、フィルタを選択するための画面18が表示される。ここでは、大分類、中分類、小分類、品名の欄があり、順次絞り込んでいくことにより、フィルタを選択することができる。大分類においては、たとえばチップフェライトビーズ型などのようなフィルタの種類を選択することができる。また、中分類においては、大分類で絞り込んだフィルタの中で、サイズが選択される。さらに、小分類においては、フィルタのインピーダンスが選択される。これらの選択がされると、右側に該当するフィルタのインピーダンス周波数特性が表示される。このとき、複数のフィルタが該当していれば、複数のインピーダンス周波数特性が示される。これらの特性には、それぞれフィルタの品名が表示されているため、これらの特性を確認したうえで、フィルタの品名を選択することができる。

【0013】

また、画面の中央部下方には、伝送線路設定部20が表示される。伝送線路設定部20では、デジタルICを実装する配線基板の特性インピーダンスが設定される。このとき、基板上に形成されたパターンの線路長、線路幅、基板の厚みおよび基板材料から、特性インピーダンスを算出することができる。つまり、伝送線路の特性インピーダンスZおよび伝搬定数βは、それぞれ次の式1および式2で表される。ここで、lは線路長である。

【0014】

【数1】

$$Z = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{\text{ef}}}} \ln \left[f \frac{h}{W_0} + \sqrt{1 + (2h/W_0)^2} \right]$$

【0015】

【数2】

$$\beta = \omega \sqrt{\epsilon_{\text{ef}}} / c_0$$

【0016】

なお、上式の ϵ_{ef} 、 f 、 W_0 の各定数は、それぞれ次の数式3、数式4および数式5で表される。ここで、図4に示すように、 h は基板の厚み、 W は電極の幅、 t は電極の厚み、 ϵ_r は基板の比誘電率、 c_0 は真空中の光速である。

【0017】

【数3】

$$\epsilon_{\text{ef}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} (1 + 10h/W)^{-1/2}$$

【0018】

【数4】

$$f = 6 + 0.283 \exp [-(30.7h/W_0)^{0.753}]$$

【0019】

【数5】

$$W_0 = W + \frac{t}{\pi} l \ln \frac{4e}{\sqrt{(t/h)^2 + \frac{1}{\pi^2 (W/t + 1.1)^2}}}$$

【0020】

このように、線路長、線路幅、基板の厚み、基板材料などから、伝送線路の特性インピーダンスを算出するプログラムを組み込んでおくことにより、簡単に特性インピーダンスの入力を行うことができる。なお、特性インピーダンスを入力するように選択することもでき、この場合、自分で算出した入力インピーダンスを入力すればよい。また、伝送線路を考慮しないことを選択することもでき、この場合、伝送線路の特性インピーダンスはないものとしてノイズの解析が行われる。

【0021】

さらに、画面の右側には、受信側IC設定部22が表示される。受信側IC設定部22は、送信側IC設定部14と同様に、IC分類およびIC品名をリストから選択することができる。また、LCRでICの入力条件を入力することを選択すれば、図2に示すように、受信側ICから変換されたLCR回路が表示され、それぞれのインダクタンス値、キャパシタンス値、抵抗値を個別に入力することができる。

【0022】

そして、図5に示すように、これらの設定を行ったのち、画面の「シミュレーション開始」をクリックすることにより、ノイズの解析が行われる。このとき、まず、デジタル回路の伝達関数が求められる。つまり、2端子の回路部品は、数式6で示すように、2行2列のアドミタンス行列yで記述することができる。

【0023】

【数6】

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} \mathbf{y}_{11} & \mathbf{y}_{12} \\ \mathbf{y}_{21} & \mathbf{y}_{22} \end{bmatrix}$$

【0024】

このようなアドミタンス行列が、全ての部品について加え合わされる。たとえば、ノード2, 3間に部品Aが接続され、ノード3, 4間に部品Bが接続されている場合、次に示す数式7で表される。

【0025】

【数7】

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots \\ 0 & \mathbf{y}_{11}^A & \mathbf{y}_{12}^A & 0 & \cdots \\ 0 & \mathbf{y}_{21}^A & \mathbf{y}_{22}^A + \mathbf{y}_{11}^B & \mathbf{y}_{12}^B & \cdots \\ 0 & 0 & \mathbf{y}_{21}^B & \mathbf{y}_{22}^B & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{V}_1 \\ \mathbf{V}_2 \\ \mathbf{V}_3 \\ \mathbf{V}_4 \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{I}_1 \\ \mathbf{I}_2 \\ \mathbf{I}_3 \\ \mathbf{I}_4 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

【0026】

シミュレーション回路10に示す全ての部品について、設定された各数値に基づいて、このような操作が行われ、伝達関数が求められる。ここで、抵抗、キャパシタ、インダクタ、伝送線路、カスタム部品のアドミタンス行列は、それぞれ数式8、数式9、数式10、数式11、数式12に示される。なお、数式11において、特性インピーダンスZは数式1で示されるものであり、伝搬定数βは数式2で示されるものである。また、数式12のカスタム部品とは、この場合デジタルICのことを示す。

【0027】

【数8】

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} 1/R & -1/R \\ -1/R & 1/R \end{bmatrix}$$

【0028】

【数9】

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} j\omega C & -j\omega C \\ -j\omega C & j\omega C \end{bmatrix}$$

【0029】

【数10】

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} 1/j\omega L & -1/j\omega L \\ -1/j\omega L & 1/j\omega L \end{bmatrix}$$

【0030】

【数11】

$$\mathbf{y} = \frac{1}{jZ \sin \beta l} \begin{bmatrix} \cos \beta l & -1 \\ -1 & \cos \beta l \end{bmatrix}$$

【0031】

【数12】

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} 1/Z(\omega) & -1/Z(\omega) \\ -1/Z(\omega) & 1/Z(\omega) \end{bmatrix}$$

【0032】

次に、入力信号がフーリエ展開される。つまり、時間軸で表されている入力信号を正弦波の級数和に分解し、周波数応答解析ができるようにしている。たとえば、時間 t における電源の入力電圧を $V_{in}(t)$ 、出力電圧を $V_{out}(t)$ とし、入力電圧が周期 T で変化しているものとすると、次の数式 13 に示すように、任意の入力電圧は十分大きい N 個の正弦波の和で近似することができる。

【0033】

【数13】

$$V_{in}(t) \cong \sum_{n=0}^N c_n \exp(j\omega_n t), \quad \omega_n \equiv 2\pi n / T$$

【0034】

数式 13において、 c_n は角周波数 ω_n の成分の大きさであり、この成分に対する出力電圧 $F[c_n \exp(j\omega_n t)]$ は、先に求めたデジタル回路の伝達関数を用いて、通常の回路計算で容易に求めることができ、その振幅 F_n は、次の数式 14 で表される。

【0035】

【数14】

$$F[c_n \exp(j\omega_n t)] = F_n \exp(j\omega_n t)$$

【0036】

このように、数式 14 によって、周波数軸における電圧スペクトラムを得ることができる。さらに、この F_n から、時間軸における出力電圧を求めるために逆フーリエ変換が行われる。その結果、次の数式 15 に示すように、時間軸における出力電圧 $V_{out}(t)$ が得られる。

【0037】

【数15】

$$V_{out}(t) = \sum_{n=0}^N F_n \exp(j\omega_n t)$$

【0038】

このようにして得られた出力電圧について、図6に示すように、電圧スペクトラムと時間軸における電圧波形とが、解析結果としてディスプレイに表示される。なお、ここでは、フィルタを挿入する前後の出力波形が表示されている。このように、フィルタの挿入前後の出力波形を示すことにより、フィルタの効果を把握することができる。また、この解析結果においては、デジタル回路のインピーダンス周波数特性についても、合わせて表示されている。したがって、これらの解析結果から、所望の出力波形が得られるフィルタを選択することができる。

【0039】

なお、各設定値を変えて、ノイズ解析を行った場合、図7に示すように、同一画面に複数の解析結果を表示できるようにしておけば、異なるフィルタを使用した場合の出力波形の違いを比較することができる。また、図8に示すように、これらの結果をプリンタなどの印刷手段を用いて印刷できるようにしておくことにより、後に解析結果を確認することができる。このとき、解析結果だけでなく、各設定値を印刷できるようにしておくことにより、設定した部品と解析結果とを関連付けて把握することができる。

【0040】

このようなノイズ解析方法を用いれば、入力信号を多くの時間ステップに分割して解析する場合のように、何度も計算を繰り返す必要がなく、一括して計算可能であるため、短時間で計算を行うことができる。また、従来の方法に比べて、簡単なプログラムで動作させることができ、低機能のパーソナルコンピュータで解析可能である。

【0041】

このようなプログラムは、たとえばCD-ROMなどの記録媒体に記録してお

くことができる。したがって、この発明の方法を実行するプログラムを記録したCD-ROMからパソコン用にインストールすることにより、そのパソコン用コンピュータをノイズ解析装置として使用することができる。また、このようなプログラムをホームページからダウンロードできるようにしてよい。

【0042】

このプログラムをCD-ROMやホームページからのダウンロードなどによって配布することにより、フィルタの販売促進用として用いることができる。つまり、フィルタ設定部16において、自社製品のフィルタを選択できるようにしておけば、この発明のノイズ解析方法を用いたプログラムを配布することにより、プログラムの実行者は、データとして記録されたフィルタを用いてノイズ解析を行うことになる。そのため、自社製品のフィルタの挿入前後の出力波形をフィルタの購入予定者に知らせることができ、購入予定者としても、出力波形を確認した上で、フィルタを発注することができる。

【0043】

【発明の効果】

この発明によれば、デジタルICを受動素子で構成される等価回路に変換することによって、線形計算を行うことができ、さらに入力信号をフーリエ展開して周波数軸解析を行うことができるため、短時間でノイズ解析を行うことができる。また、時間軸解析を行う従来の方法に比べて、簡単なプログラムで動作させることができるため、低機能のパソコン用コンピュータなどでノイズ解析が可能である。

また、このようなノイズ解析方法を用いたノイズ解析装置では、短時間でノイズ解析が可能であり、特に、デジタルICを品名で入力したり、配線基板の線路や基板に関する数値を入力するだけで特性インピーダンスが計算されるようにすることにより、複雑な計算をすることなく、簡単にノイズ解析を行うことができる。

さらに、解析結果やその解析条件を表示したり、印刷できるようにすることにより、明確にノイズ解析の結果を把握することができる。

また、このようなノイズ解析方法を動作させるためのプログラムをCD-ROMなどの記録媒体に記録しておくことにより、プログラムを多数の人に配布可能となり、自社製品の販売促進などに役立てることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

この発明のデジタル回路のノイズ解析装置を起動したときに表示される初期画面を示す図である。

【図2】

送信側ICおよび受信側ICの回路定数を手動で入力する画面を示す図である。

【図3】

フィルタの種類を設定する画面を示す図である。

【図4】

配線基板とその上に形成された線路の関係を示す図解図である。

【図5】

全ての設定を行った画面を示す図である。

【図6】

解析結果をディスプレイに表示した画面を示す図である。

【図7】

複数の条件で解析を行った結果をディスプレイに表示した画面を示す図である。

【図8】

解析結果を印刷した状態を示す図である。

【符号の説明】

10 シミュレーション回路

12 入力信号設定部

14 送信側IC設定部

16 フィルタ設定部

18 伝送線路設定部

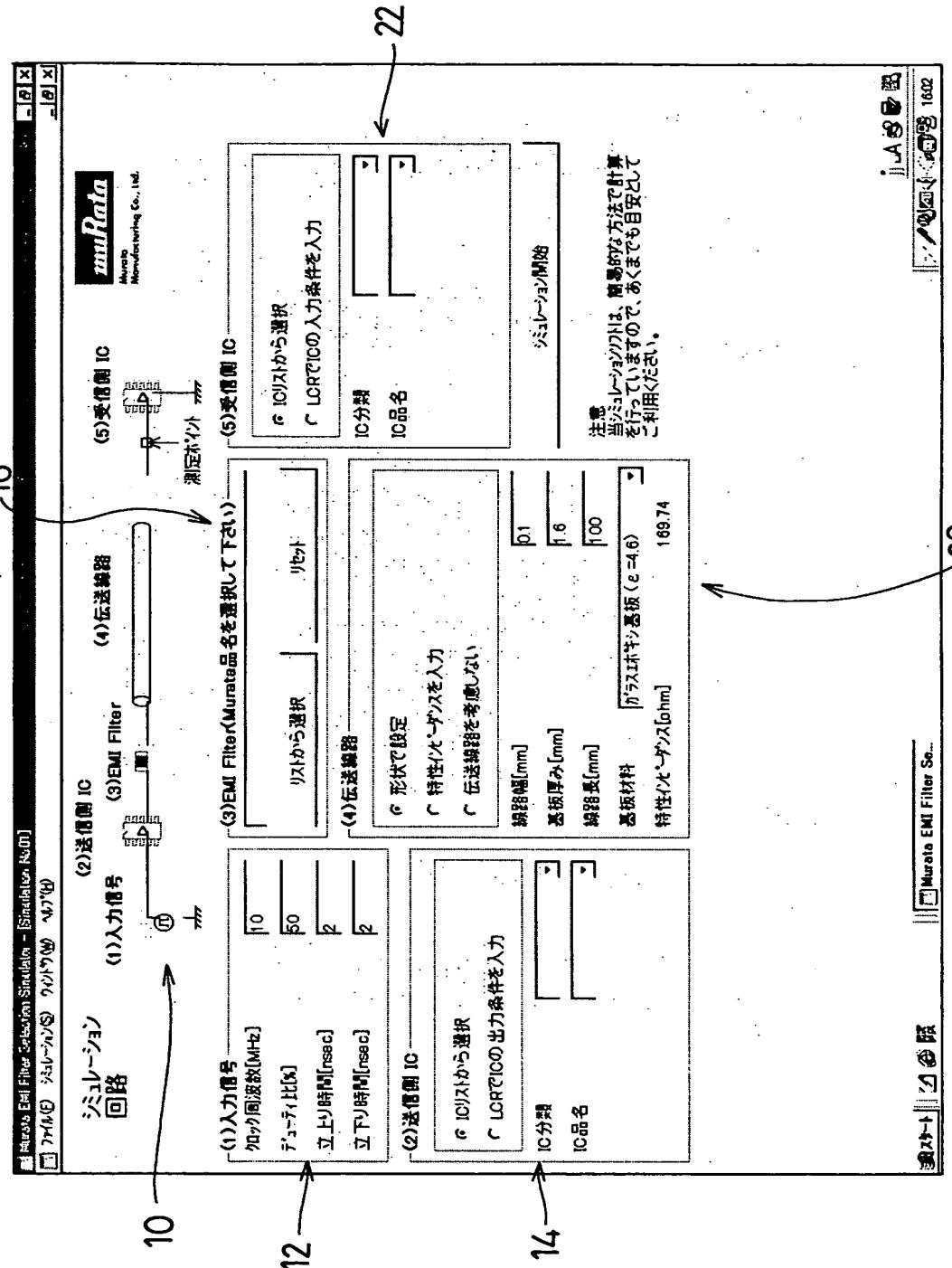
特2000-080556

20 受信側IC設定部

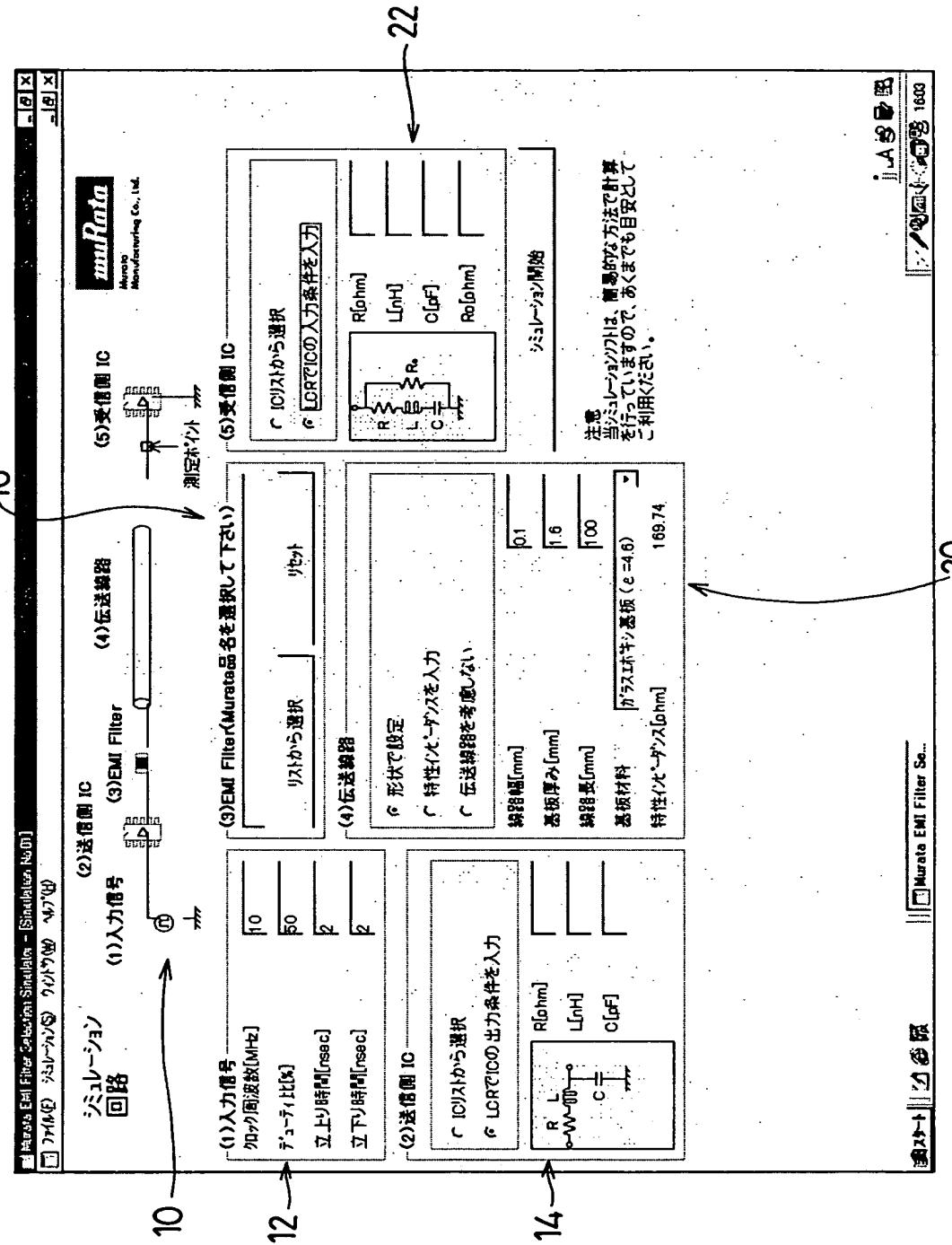
【書類名】

図面

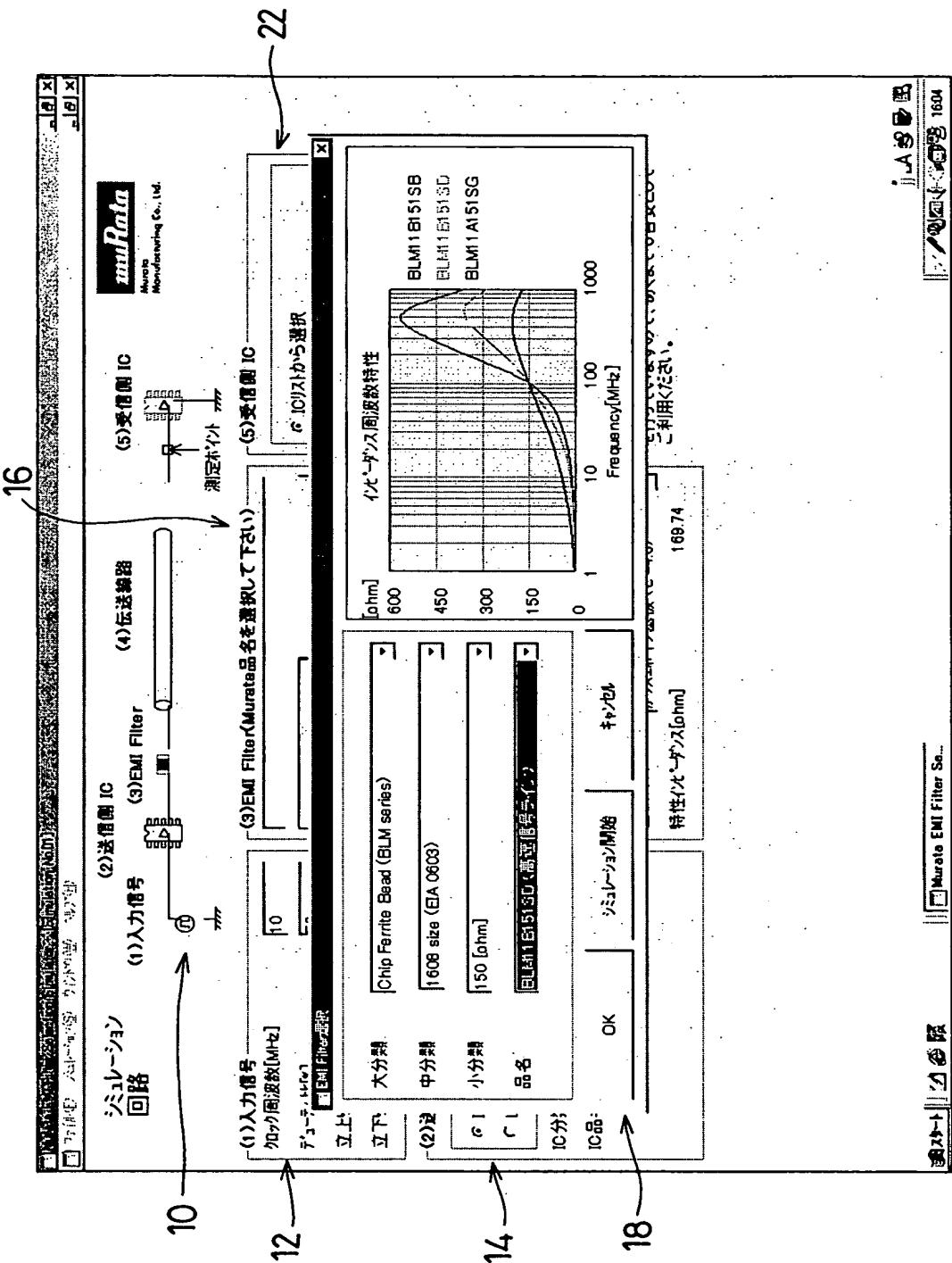
【図1】



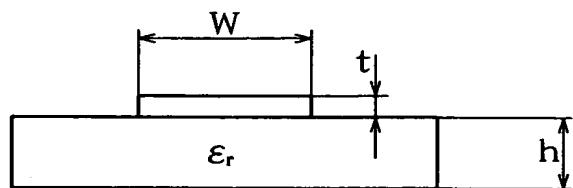
【図2】



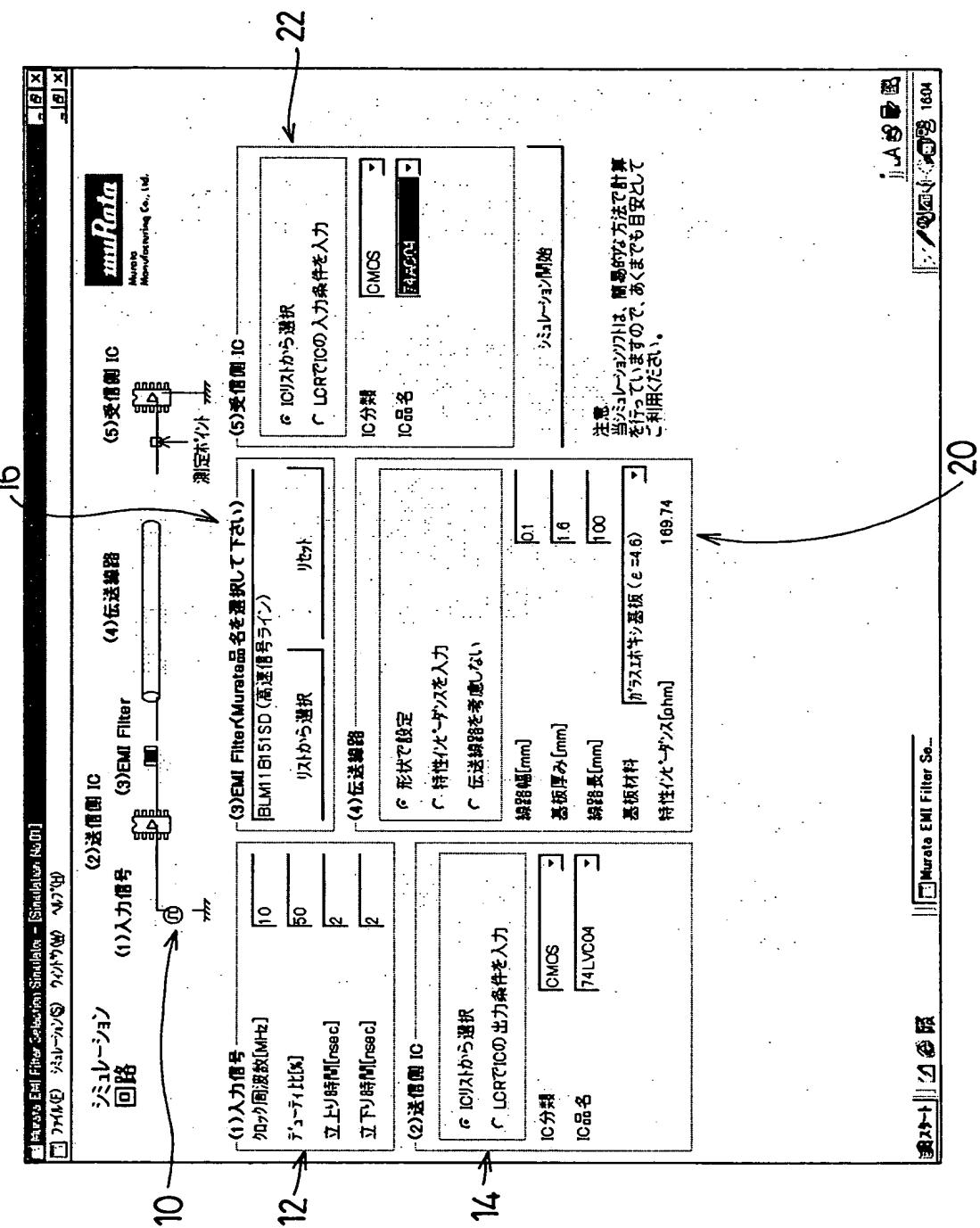
【図3】



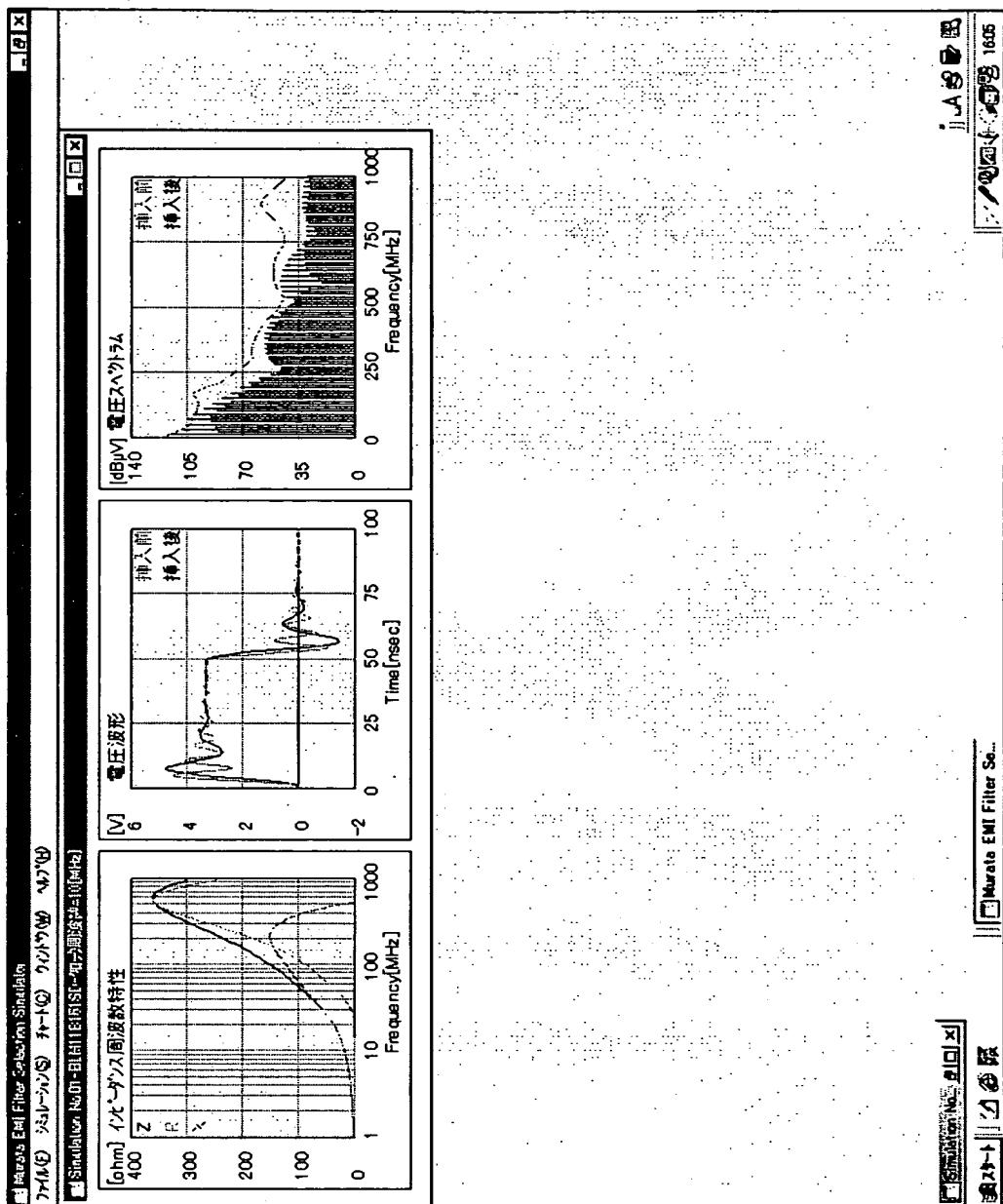
【図4】



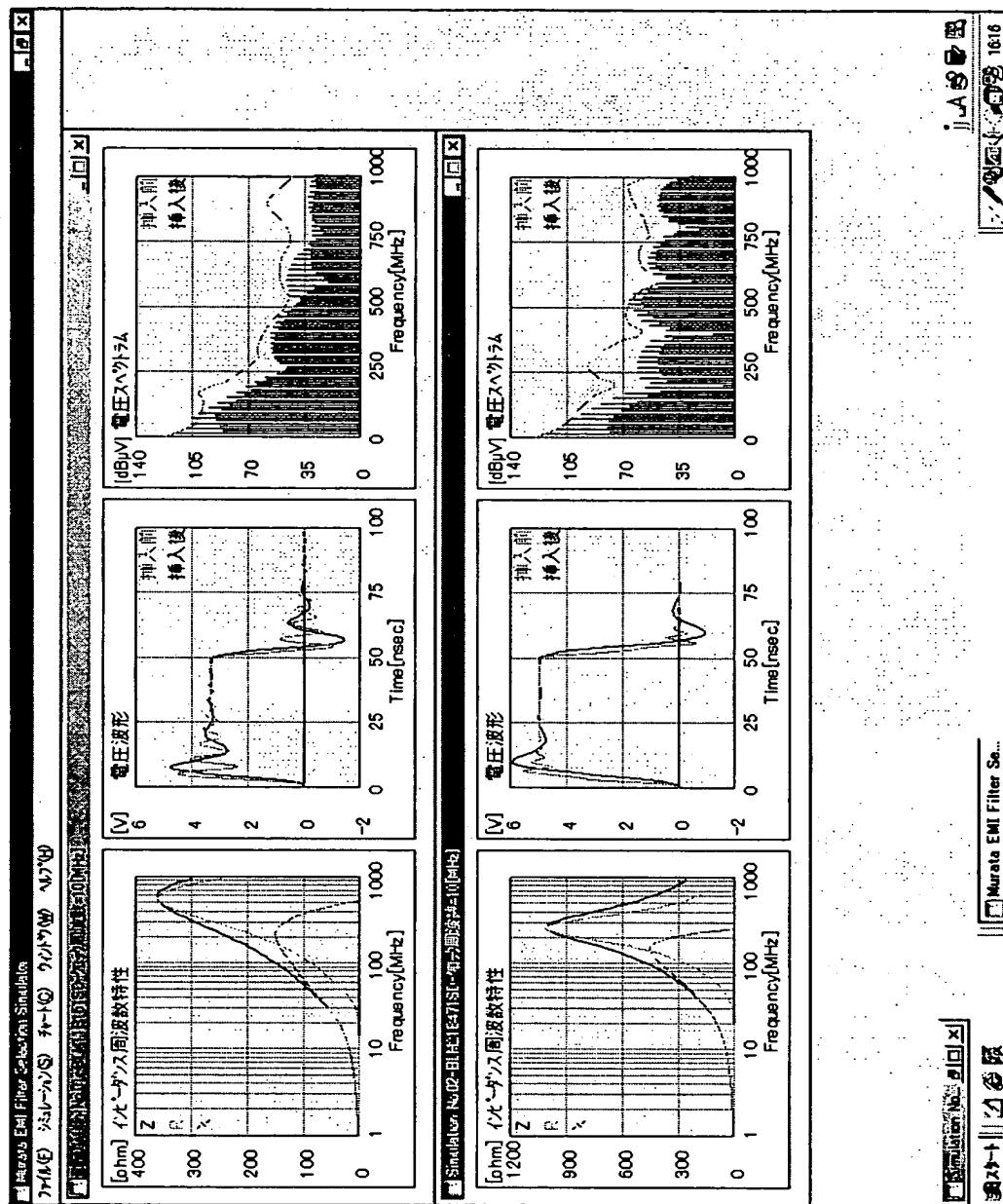
【図5】



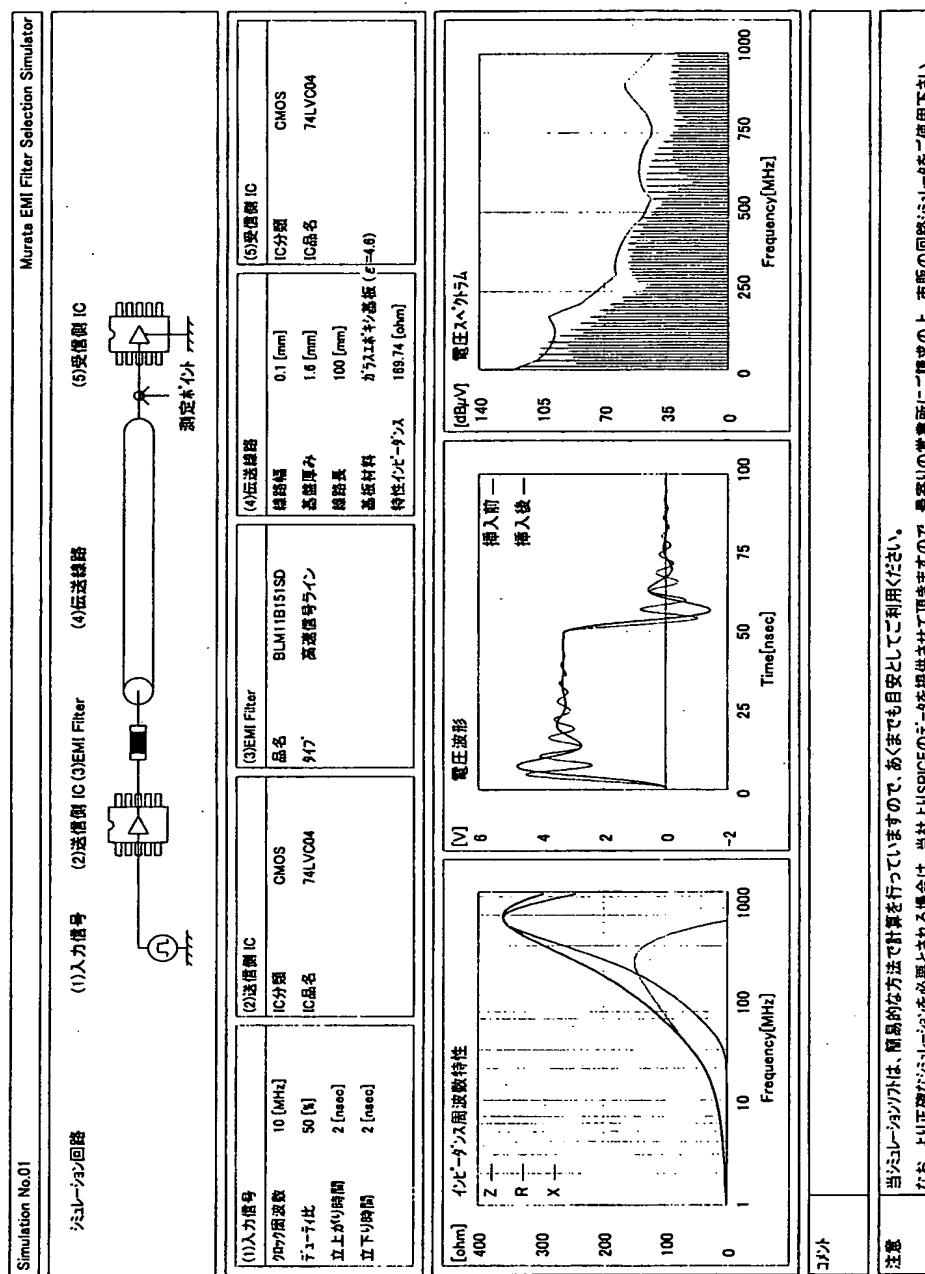
[図6]



【図7】



【図8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低機能のパーソナルコンピュータを用いて、安価なソフトウェアにより、短時間で計算することができる、デジタル回路のノイズ解析方法を得る。

【解決手段】 プログラムを起動した画面上において、入力信号設定部12、送信側IC設定部14、フィルタ設定部16、伝送線路設定部20、受信側IC設定部22などの設定を行うことにより、シミュレーション回路10の伝達関数を求める。入力信号をフーリエ展開し、伝達関数とフーリエ展開した入力信号から、周波数軸における出力波形を計算する。この出力波形を逆フーリエ展開することにより、時間軸における出力波形を得る。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000006231]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府長岡京市天神二丁目26番10号

氏 名 株式会社村田製作所